

## Тренажер авиационный

### Область техники

Настоящее изобретение относится к авиационной технике, в частности, к авиационным тренажерам для обучения пилотов приемам пилотирования летательных аппаратов, а также диспетчеров полета – приемам диспетчеризации летательных аппаратов, на разных режимах полета, при взлете и посадке, и приемам предотвращения неподходящих полетных ситуаций.

### Предшествующий уровень техники

В настоящее время в мировой практике известны для вида наземных тренажеров: одни из них предназначены для обучения пилотов только приемам пилотирования на разных режимах при различных имитируемых ситуациях, возникающих в полете, другие предназначены для обучения приемам спасения пилота при имитации аварийных и катастрофических ситуаций.

Известен тренажер Линка (Меерович Г.Ш и др. Авиационные тренажеры и безопасность полетов. М., Воздушный транспорт, 1991, с. 15), представляющий собой упрощенный макет одноместного самолета с кабиной, закрепленной на универсальном шарнире, позволяющем самолету осуществлять имитированный полет с изменяющимися углами тангажа, крена и рыскания. В тренажере предусмотрено присутствие инструктора, осуществляющего контроль пилотирования по заданной программе. Однако в этих тренажерах не предусмотрена имитация аварийных ситуаций и отработка действий пилота в таких ситуациях.

Известен комплексный авиационный тренажер (там же, с. 28–31), содержащий кабину для экипажа с приборными досками, снабженными имитаторами необходимых штатных приборов, систему управления, рабочие места для пилотов, систему имитации внешней закабинной обстановки, систему подвижности, вычислительный комплекс, пульт инструктора и командира полета. Тренажер предназначен для отработки процедур пилотирования, навыков управления на различных этапах полета или в определенных «неподходящих» ситуациях. Однако в программе обучения пилота не предусмотрена имитация аварийных ситуаций.

Известен виртуальный тренажер самолета (RU, 2191432, С1), содержащий в кабине реального самолета рабочее место обучаемого пилота, блоки систем объективного контроля и управления вооружением, адаптер, выход которого соединен со входом защитного шлема пилота с виртуальными очками, в котором

осуществляется передача/прием данных с блока наземной обработки полетной информации, содержащий модуль воспроизведения полетной информации, модуль сравнения параметров управления самолетом в полете и в режиме тренажа, модуль конфигурации и доступа к полетным данным, модуль распознавания элементов пилотажа, модуль анимации приборной доски пилота и закабинного пространства, модуль предполетной подготовки и тестирования, модуль базы данных расчетных и регистрируемых параметров в полете, модуль контроля и управления режимами тренажа.

Известно устройство для выполнения тренировочного полета (RU, 2114460, С1), содержащее реальный ЛА с органами управления ЛА, его агрегатами и системами, их датчики и систему автоматического управления ЛА, к которой подключены датчики и силовые органы управления, блоки моделирования рельефа местности, блоки генерирования и экраны отображения закабинной визуальной обстановки, блок обмена данными с пунктом управления и при групповом полете с другими ЛА, блок базы данных тренировочного полета, блок обработки сигналов, включающий устройство вычисления навигационных параметров, блоки моделирования акустических эффектов, блок моделирования динамики полета ЛА, блок формирования изображения панелей приборного оборудования, блок моделирования работы агрегатов и систем ЛА.

Известен унифицированный многофункциональный авиационный тренажер (RU, 2087037, С1), содержащий вычислительную систему с программными модулями реализации сценариев тренировок, объективного контроля обучаемого и объективного контроля инструктора, унифицированное рабочее место инструктора, комплекс унифицированных рабочих мест обучаемых, устройство ввода полетной информации, базу данных сценариев тренировок. При этом вычислительная система тренажера обеспечивает имитацию управления полетом, неуправляемого движения при отказе или разрушении управления, воспроизведение на приборной доске и системе визуализации соответствующей полетной информации. Кроме того, она обеспечивает адекватную условиям «полета» загрузку ручки управления, ввод согласно принятому перечню инструктора типичных видов аварийных ситуаций, обусловленных отказами техники или ошибок в «пилотировании». Вычислительная система также обеспечивает действие установленных на приборной доске или на остеклении кабины устройств предупредительной или аварийной сигнализации пилоту. Моделируемые на тренажере

аварийные ситуации могут сопровождаться имитацией характерных для них внешних проявлений, например, тряски, колебаний углов тангажа, крена и других признаков.

Однако тренажер позволяет осуществлять обучение только на основе решения ситуационных задач типичных видов аварийных ситуаций.

В реальной ситуации в режиме полета по маршруту, в режиме взлета и посадки летательных аппаратов находится под угрозой воздействия на него аэродинамических сил и моментов, которые могут оказаться значительными и привести к потере его устойчивости, например, при полетах в условиях, когда фактором, определяющим уровень безопасности полетов, является воздействие на летательный аппарат аэродинамических струй высокой степени турбулентности, образующихся как при движении в окрестности летательного аппарата объекта, генерирующего струи, так и при наличии в окрестности летательного аппарата объектов, обтекаемых воздушными потоками, имеющими высокую степень турбулентности и завихренности.

Известно, что при движении летательного аппарата в воздушном пространстве образуется так называемый «вихревой след», формируемый обтекающим его воздушным потоком. Попадание летательного аппарата в вихревой след другого объекта, например, другого летательного аппарата, приводит к значительному изменению углов атаки и скольжения. На летательный аппарат при этом действуют аэродинамические силы и моменты, которые могут, например, отбросить его в сторону от следа и при малых высотах, например, при посадке или взлете летательного аппарата, привести к нештатным ситуациям из-за невозможности компенсации такого воздействия органами управления летательного аппарата.

Появление в авиации летательных аппаратов, имеющих крылья малых удлинений с большой удельной нагрузкой, приводит к увеличению интенсивности вихревого следа, что соответственно увеличивает опасность попадания в него летательного аппарата.

Многочисленные исследования перемещения и затухания вихрей показали, что такие атмосферные факторы, как ветер, сдвиг ветра, стратификация и турбулентность, играют важную роль в этих процессах.

Существует потенциальная возможность оптимизации безопасных расстояний между летательными аппаратами в процессе посадки, взлета и полета на основе достоверного прогнозирования динамики вихревого следа с учетом текущего и краткосрочного прогноза соответствующих метеорологических условий, влияния атмосферных условий и близости земли на динамику вихревого следа.

Одним из основных направлений решения проблемы обеспечения безопасности полета летательного аппарата в условиях, когда определяющим фактором является вихревой аэродинамический след, является выбор режимов полета, обеспечивающих заданный уровень безопасности. Поэтому большое внимание при тренировке пилотов должно уделяться выработке навыков оценки различных полетных ситуаций и принятия решения на выполнение маневра летательного аппарата.

В отличие от отечественных систем безопасности полетов, ориентированных в основном на действия пилота в соответствии с самостоятельным анализом обстановки и условий полета, зарубежные системы безопасности в основном рассчитаны на применение так называемых инструментальных правил полета, когда управление летательным аппаратом осуществляется на основе команд диспетчера полета, реализуемых через действия пилота или в автоматическом режиме. В этих условиях целесообразно проводить обучение пилотов и диспетчеров на одинаковых ситуационных задачах, связанных с возможностью попадания летательного аппарата в опасную зону вихревых возмущений, для выработки навыков адекватной оценки ситуации и путей выхода из нее для предотвращения нештатной ситуации.

Обеспечение в тренажерах возможности создания имитированных с наибольшей достоверностью воздействий на пилота или диспетчера (оператора) полета, которые могут привести к летному происшествию, является весьма актуальной задачей.

Задача тренировки заключается в формировании у пилота или оператора образа последовательности действий при различных вариантах предоставленной ему визуальной и сигнальной информации, при этом экспериментально создают эмоционально-стрессовую ситуацию и отрабатывают необходимую последовательность действий. При этом в памяти оператора или пилота вызывают образ графической последовательности, фиксируют внимание на ощущениях.

Однако известно, что в операторской деятельности наиболее сложным является принятие решения в экстремальной ситуации. Оно состоит из двух этапов: опознания ситуации и определения порядка действий по ее ликвидации. Перед выполнением каждого следующего действия оператор должен предвидеть свои последующие шаги. Восприятие визуальных или речевых сигналов в словесной форме из долговременной памяти, со средств отображения или на слух требует определенного времени в условиях дефицита времени. Время восприятия графических символов значительно меньше, а опознание ситуации при индикации выделенных зон изображения позволяет

также повысить адекватность принятия решения. Кроме того, воздействие такого физического фактора, как ускорение, вызывают снижение мозгового кровообращения у пилота, что в условиях нервно-эмоционального перенапряжения может вызвать даже кратковременное отключение сознания. Поэтому является предпочтительным предоставление пилоту или диспетчеру полета информации, необходимой для принятия решения, в графических символах до наступления момента принятия решения.

#### Раскрытие изобретения

Целью создания изобретения является разработка тренажера для обучения приемам пилотирования летательного аппарата в условиях вихревой опасности, выработки навыков выполнения летательным аппаратом уклоняющихся маневров от опасных зон вихревых следов генераторов вихрей.

При создании изобретения была поставлена задача разработки тренажера, способного предоставлять обучаемому пилоту необходимую для него информацию о силе и характере воздействия вихревых возмущений на летательный аппарат, достаточную для оценки вихревой обстановки в прогнозируемый момент времени полета и выбора уклоняющего маневра для предотвращения попадания летательного аппарата в опасные зоны вихревых следов за счет определения траектории и интенсивности вихревых следов и выявления в пространстве точек, в которых прогнозируемые динамические воздействия на летательный аппарат, индуцируемые вихревыми возмущениями, в прогнозируемый момент времени могут приводить к возникновению нештатных ситуаций.

Поставленная задача была решена созданием авиационного тренажера для обучения пилотированию в условиях вихревой опасности, содержащего:

- модуль контроля и управления режимами тренажера, способный производить выбор сценария тренировки и контролировать работу модулей тренажера,
- модуль базы данных сценариев тренировок,
- модуль коммутирования модулей тренажера,
- модуль имитации закабинной визуальной обстановки, видимой части воздушного пространства и земной поверхности в реальном времени,
- модуль имитации рабочего места пилота,
- модуль имитации приборной доски пилотажно-навигационных приборов с индикаторами режима работы авиадвигателей,

- модуль имитации органов управления агрегатами и системами летательного аппарата,
- модуль имитации параметров окружающей среды,
- модуль имитации вихревой обстановки, способный на основе информации от модуля сценариев тренировок о параметрах генераторов вихрей и информации от модуля имитации параметров окружающей среды определять траекторию и интенсивность вихревых следов генераторов вихрей как совокупности центров областей завихренности,
- модуль имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений, способный на основе информации от модуля имитации вихревой обстановки о траектории и интенсивности вихревых следов и информации от модуля базы данных сценариев тренировок о параметрах характеристиках пилотируемого аппарата и информации от модуля имитации динамики летательного аппарата о положении, скорости перемещения, угловой скорости и геометрических характеристиках летательного аппарата определять действующие на летательный аппарат дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми следами генераторов вихрей,
- модуль имитации динамики летательного аппарата, способный на основе информации от модуля имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений, от модуля базы данных сценариев тренировок и от модуля имитации органов управления агрегатами и системами летательного аппарата формировать сигналы, имитирующие силы и моменты, действующие на летательный аппарат согласно сценарию тренировки, а также дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми следами генераторов вихрей, передавать сигналы на модуль имитации рабочего места пилота, на модуль имитации приборной доски и на модуль имитации закабинной обстановки,
- систему оценки действий пилота, способную на основе информации от модуля имитации закабинной визуальной обстановки и модуля имитации приборной доски оценить правильность действий пилота по устранению опасной для летательного аппарата ситуации.

При этом, согласно изобретению, целесообразно, чтобы в тренажере модуль имитации рабочего места пилота был выполнен с возможностью изменения его пространственного положения и снабжен устройством динамической имитации полета.

При этом, согласно изобретению, желательно, чтобы в тренажере модуль имитации вихревой обстановки содержал:

- блок имитации динамики генераторов вихрей, содержащий устройство слежения за генератором вихрей, способное принимать от модуля базы данных сценариев тренировок информацию о положении, о параметрах движения, геометрических и массовых характеристиках генератора вихрей, и запоминающее устройство, способное сохранять информацию о положении и параметрах движения генератора вихрей;
- блок имитации вихревых следов, содержащий устройство слежения за вихревым следом, способное на основе информации от модуля имитации параметров окружающей среды и от блока имитации динамики генераторов вихревых следов определять траекторию и интенсивность вихревого следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности, и запоминающее устройство, способное сохранять информацию о координатах точек траектории и интенсивности следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности;

а модуль имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений содержал:

- блок схематизации летательного аппарата, способный на основе информации от модуля базы данных сценариев тренировок о типе, конфигурации летательного аппарата вычислять совокупность геометрических характеристик летательного аппарата, необходимых для расчета действующих на него дополнительных аэродинамических сил и моментов, индуцированных вихревым следом генератора вихрей, и
- блок определения указанных сил и моментов на основе сохраненной блоком имитации вихревых следов информации о координатах точек траектории и интенсивности следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности, и информации от модуля имитации динамики летательного аппарата о положении, скорости перемещения, угловой скорости и геометрических характеристиках летательного аппарата.

Кроме того, тренажер, согласно изобретению, может дополнительно содержать модуль имитации шумовых, оптических и динамических эффектов.

Кроме того, согласно изобретению, тренажер может быть приспособлен для обучения пилотированию в условиях информирования пилота о прогнозируемой

возможности попадания летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей и дополнительно содержать:

- модуль параметров опасной зоны вихревых возмущений, включающий:

- блок определения опасности возмущений, способный производить оценку опасности возмущений в заданной точке пространства по установленному критерию опасности дополнительных действующих на летательный аппарат аэродинамических сил и моментов, индуцируемых вихревыми возмущениями, генерируемыми генератором вихрей, на основе информации от блока определения сил и моментов модуля имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений;

- блок определения множества опасных точек пространства, в которых дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми возмущениями, являются опасными, способный определять координаты точек пространства, принадлежащих опасной зоне, по критерию опасности на основе информации от блока определения опасности возмущений ;

- блок определения параметров опасной зоны вихревых возмущений, способный вычислять геометрические характеристики опасной зоны на основе информации от блока определения множества опасных точек и передавать информацию об этом;

и модуль предупреждения, включающий:

- блок выбора времени упреждения, в течение которого, по меньшей мере, возможно выполнение маневра изменения траектории полета летательного аппарата, обеспечивающего уклонение летательного аппарата от вихревого следа генератора вихрей после предупреждения о возможности попадания в него;

- блок моделирования контрольной плоскости, способный вычислять упреждающее расстояние, равное расстоянию, преодолеваемому летательным аппаратом за время упреждения, формировать контрольную плоскость, расположенную в пространстве перед летательным аппаратом перпендикулярно направлению его движения на упреждающем расстоянии от летательного аппарата, и определять прогнозируемый момент времени пролета летательного аппарата через контрольную плоскость в инерциальной системе координат;

- блок прогнозирования, способный определять траекторию вихревого следа генератора вихрей как совокупность траекторий центров областей завихренности, генерируемых генератором вихрей, и интенсивность вихревого следа относительно инерциальной системы координат в прогнозируемый момент времени на основе

информации от блока имитации вихревых следов модуля имитации вихревой обстановки;

- блок вычисления точек пересечения, способный определять координаты точек пересечения траектории вихревого следа генератора вихрей с контрольной плоскостью в прогнозируемый момент времени пересечения летательным аппаратом указанной контрольной плоскости;

- блок формирования зон и областей, обеспечивающий: формирование вокруг точки пересечения траектории вихревого следа с контрольной плоскостью опасной зоны вихревого следа, при попадании в которую у летательного аппарата параметры движения могут превысить допустимые пределы, на основе информации от модуля параметров опасной зоны вихревых возмущений, формирование в указанной контрольной плоскости области прогнозируемых с учетом установленных нормативов производства полета положений летательного аппарата в прогнозируемый момент пересечения летательным аппаратом контрольной плоскости; формирование вокруг области прогнозируемых положений области повышенного внимания, информация о попадании в которую опасной зоны вихревого следа должна быть представлена пользователю;

- блок перехода, способный вычислять координаты области прогнозируемых положений летательного аппарата, области повышенного внимания и опасной зоны вихревого следа в системе координат, связанной с летательным аппаратом,

- первый блок проверки условия пересечения, способный определять расстояние от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа и фиксировать момент его равенства нулю;

- второй блок проверки условия пересечения, способный определять расстояние от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа и фиксировать момент его равенства нулю;

- блок индикации, содержащий, по меньшей мере, одно устройство индикации, обеспечивающее индикацию события равенства нулю расстояния от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей;

- блок аварийной индикации, содержащий, по меньшей мере, одно устройство индикации, обеспечивающее индикацию события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

При этом целесообразно, чтобы, согласно изобретению, тренажер содержал модуль визуализации, включающий устройство визуализации, например, дисплей, и способное на основе информации от модуля предупреждения формировать изображение, по меньшей мере, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасной зоны вихревых следов.

При этом желательно, чтобы в тренажере, согласно изобретению, устройство индикации и устройство аварийной индикации были выбраны из группы устройств аудио-, визуальной и тактильной индикации.

Кроме того, разумно, чтобы в тренажере, согласно изобретению, блок выбора времени упреждения был выполнен с возможностью текущей коррекции времени упреждения в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме.

Кроме того, согласно изобретению, желательно, чтобы блок формирования зон и областей был выполнен с возможностью текущей коррекции координат области повышенного внимания и области прогнозируемых положений летательного аппарата в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме.

Кроме того, согласно изобретению, целесообразно, чтобы в тренажере блок определения параметров опасной зоны был выполнен с возможностью аппроксимации границ опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

При этом, согласно изобретению, желательно, чтобы в качестве критерия опасности вихревого следа был выбран допустимый момент крена пилотируемого летательного аппарата.

Кроме того, согласно изобретению, в качестве критерия опасности вихревого следа может быть выбран допустимый угол крена пилотируемого летательного аппарата.

При этом, согласно изобретению, в тренажере сценарии тренировки могут быть выбраны из группы, включающей взлет и посадку в условиях наземного аэродрома, взлет и посадку в условиях авианосца, полет одиночный, полет в составе группы, заправку в воздухе.

При этом, согласно изобретению, целесообразно, чтобы тренажер был реализован в программном обеспечении работы модулей тренажера.

Кроме того, разумно, чтобы в тренажере, согласно изобретению, модуль параметров опасной зоны вихревых возмущений содержал базу данных характеристик опасных зон вихревых следов различных типов генераторов вихрей.

Кроме того, согласно изобретению, желательно, чтобы система оценки действий пилота содержала устройство сохранения информации о координатах контрольной плоскости, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасных зон вихревых следов генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата, по меньшей мере, в течение времени аварийной индикации события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

#### Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется примерами выполнения авиационных тренажеров согласно изобретению, не ограничивающих применение изобретения и не выходящих за рамки объема изобретения, и прилагаемыми чертежами, на которых:

Фиг. 1 – схема тренажера согласно изобретению, приспособленного для обучения пилотированию в условиях вихревой опасности, вариант выполнения;

Фиг. 2 – схема тренажера согласно изобретению, приспособленного для обучения пилотированию в условиях информирования пилота о прогнозируемой возможности попадания летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей, вариант выполнения;

Фиг. 3 – схема модуля имитации вихревой обстановки и модуля имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений согласно изобретению, вариант выполнения;

Фиг. 4 – схема реализации модуля предупреждения согласно изобретению и его взаимодействие с другими модулями тренажера, вариант;

Фиг. 5 - схема модуля параметров опасной зоны вихревых возмущений согласно изобретению, вариант выполнения;

Фиг. 6 – схема изображения информации, предоставляемой модулем предупреждения, вариант изображения на дисплее навигационной карты, согласно изобретению.

#### Лучший вариант осуществления изобретения

В качестве примера выполнения тренажера согласно изобретению рассмотрим вариант осуществления тренажера, приспособленного для обучения пилотированию летательным аппаратом (далее ЛА) в условиях вихревой опасности (Фиг.1) и вариант осуществления тренажера для обучения в условиях информирования пилота о прогнозируемой возможности попадания ЛА в опасную зону вихревого следа ГВ (Фиг.2).

Тренажеры (Фиг.1,2) содержат модуль 1 контроля и управления режимами тренажера, модуль 2 базы данных сценариев тренировок и модуль 3 коммутирования модулей тренажера, обеспечивающих выбор сценария тренировки, взаимодействие всех модулей тренажера в соответствии с выбранным сценарием, а также, при необходимости, корректировку их работы с изменением параметров режимов.

Модуль 3 коммутирования модулей передает на модуль 4 имитации закабинной визуальной обстановки, на модуль 5 имитации приборной доски, на модуль 6 имитации рабочего места пилота, на модуль 7 имитации параметров окружающей среды информацию в соответствии со сценарием тренировки, включает модуль 8 имитации органов управления агрегатами и системами ЛА, модуль 9 имитации вихревой обстановки, модуль 10 имитации воздействия на ЛА вихревых возмущений, модуль 11 имитации динамики ЛА и систему оценки действий обучаемого пилота.

Модуль 7 имитации параметров окружающей среды передает на модуль 5 имитации приборной доски информацию о показаниях приборов, соответствующую выбранному сценарию, а на модуль 9 имитации вихревой обстановки – информацию о величине и направлении локальной скорости ветра, профиле ветра по высоте, степени турбулентности, типе подстилающей поверхности.

Модуль 9 получает также от модуля 2 базы сценариев тренировок информацию о типе генераторов вихрей (далее ГВ), находящихся в окружающем ЛА пространстве, скорости его перемещения, угловой скорости и координатах точек его траектории, сохраняет ее, а затем определяет траекторию и интенсивность вихревых следов, генерируемых этими генераторами вихрей, как совокупности точек центров областей завихренности, например, с помощью применения алгоритмов вычисления, таких, как известный алгоритм вычисления (Northwest Research Associated, Inc., Aircraft Vortex Spacing System (AVOSS), Algorithm Version 3/1/1), или других, обеспечивающих вычисление координат центров областей завихренности на основе интегрирования дифференциального уравнения, описывающего эволюцию областей завихренности в пространстве и времени. Эту информацию модуль 9 сохраняет и затем передает на модуль 10 имитации воздействия на ЛА вихревых возмущений.

Модуль 10 на основе указанной информации от модуля 9, информации от модуля 2 о типе ЛА, его конфигурации, положении, координатах, скорости перемещения и угловой скорости ЛА, а также информации от модуля 11 имитации динамики ЛА о силах, действующих на ЛА в текущий момент времени, вычисляет в текущем режиме дополнительные силы и моменты, индуцированные выявленным

вихревым следом ГВ, и передает эту информацию на модуль имитации динамики ЛА, который моделирует и передает на модуль 6 имитации рабочего места пилота соответствующие силовые воздействия. Эти дополнительные силы и моменты также изменяют в соответствии с изменением кинематических параметров самолета показания приборов модуля 5 и изменяют картину закабинной обстановки модуля 4.

Согласно изобретению, в тренажере осуществляют загрузку силовых органов модуля 8 имитации органов управления агрегатами и системами ЛА по моделируемым параметрам для создания на них усилий, соответствующих условиям реального полета. В случае оборудования, согласно изобретению, модуля 6 имитации рабочего места пилота системой подвижности, эти силовые воздействия могут быть смоделированы как наклоны кресла, колебания, вибрации, что позволяет в условиях тренажера вырабатывать у пилота адекватное восприятие этих воздействий с созданием образа источника их возникновения и прослеживанием логической связи этих воздействий с изменением показаний соответствующих приборов на приборной доске. Обучаемый пилот принимает решение об изменении положения ЛА, совершении маневра, для чего воздействует на органы модуля 8 органов управления агрегатами и системами ЛА. Информация о воздействии передается на модуль 11 имитации динамики ЛА и далее на приборную доску, изменяя показатели приборов, и затем действия оцениваются системой 12 оценки действий пилота, например, на основе сравнения эталонных показателей приборов с показателями, достигнутыми в результате действий пилота.

Тренажер согласно изобретению может также содержать модуль имитации шумовых, оптических и динамических эффектов, что способствует процессу обучения.

Система 12 оценки действий пилота может быть расположена, например, на рабочем месте инструктора, где могут принимать информацию от модулей тренажера о параметрах ЛА и ходе выполнения тренировочного «полета», осуществлять обработку данных полета в вычислительной машине инструктора и по запросу инструктора на его устройстве отображения информации воспроизводят действия пилота, формируют с выбранным ракурсом трехмерное изображение имитируемой зоны тренировочного «полета», например, с учетом взаимного расположения всех находящихся там ЛА и других наземных и воздушных генераторов вихревого следа.

При этом в тренажере согласно изобретению модули 4, 5, 6, 7, 8 тренажера могут быть установлены, например, в кабине реального ЛА, что создает для обучаемого пилота условия реальности обстановки, а модули 1, 2, 3, 12 могут быть установлены, например, в месте размещения инструктора для контроля за проведением

тренажера и возможной корректировки сценариев тренировок. Место размещения модулей 9, 10, 11 имитации может быть выбрано произвольным.

На Фиг.3 показан вариант выполнения модулей 9 и 10 тренажера и их взаимодействие между собой. Модуль 9 имитации вихревой обстановки может содержать блок 13 имитации динамики генераторов вихревых следов, обеспечивающий слежение за ГВ с получением информации от модуля 2 базы сценариев тренировок о типе ГВ, его геометрических и массовых характеристиках и положении в текущий момент и сохранение координат точек траектории и величины скорости ГВ, и блок 14 имитации динамики вихревых следов, обеспечивающий на основе информации от блока 15 и от модуля 7 имитации параметров окружающей среды вычисление траектории и интенсивности вихревого следа ГВ как совокупности точек центров областей завихренности и сохранение координат точек траектории и интенсивности вихревого следа в текущий момент.

Модуль 10 имитации воздействия на ЛА вихревых возмущений (Фиг.3), согласно изобретению, может содержать блок 15 схематизации ЛА, обеспечивающий на основе информации от модуля 2 сценариев тренировок о конфигурации, координатах, скорости перемещения, углах тангажа, рыскания и крена ЛА вычисление совокупных геометрических характеристик ЛА, необходимых для расчета действующих на него сил и моментов, в том числе, индуцированных вихревым следом, и блок 16 определения сил и моментов, обеспечивающий вычисление указанных аэродинамических сил и моментов на основе информации от блока 14 имитации динамики вихревых следов, от блока 15 схематизации ЛА и от модуля 11 имитации динамики ЛА.

Тренажер для обучения в условиях информирования пилота о прогнозируемой возможности попадания ЛА в опасную зону вихревого следа ГВ (Фиг.2) содержит дополнительно к описанным выше модулям модуль 17 параметров опасной зоны вихревых возмущений, обеспечивающий определение геометрических параметров зоны пространства, опасной для ЛА с точки зрения критерия опасности динамического воздействия, индуцированного в этой зоне вихревыми возмущениями, модуль 18 предупреждения, обеспечивающий моделирование этих опасных зон на упреждающем расстоянии впереди перед ЛА, которое ЛА может преодолеть за выбранное, например, пилотом, время упреждения, достаточное для совершения ЛА маневра уклонения от прогнозируемой опасной зоны. Для предоставления информации в прогнозируемый момент времени модуль 18 обеспечивает моделирование контрольной плоскости

(далее КП), расположенной впереди перед ЛА на упреждающем расстоянии, точек прогнозируемого пересечения ЛА с КП и вокруг них – области прогнозируемых положений ЛА (далее ОПП) в момент пресечения ЛА с КП, в том числе, его пространственной конфигурации, и точек пересечения траекторий вихревых следов ГВ с этой КП и формирование указанных опасных зон вокруг этих точек пересечения. При этом модуль 18 осуществляет контроль возможности пересечения в контрольной плоскости ОПП с опасными зонами вихревых следов, и предоставляет пилоту сигнал аварийной индикации. Модуль 18 также предусматривает моделирование в контрольной плоскости области повышенного внимания (далее ОПВ), по размерам превышающей ОПП, наличие в которой опасных зон вихревых следов предупреждает пилота о возможности дальнейшего попадания ЛА в опасную зону.

Согласно изобретению, тренажер может быть снабжен модулем 19 визуализации сформированной информации, позволяющим формировать у пилота адекватное понимание визуальной схематичной картины вихревой обстановки вокруг ЛА и прогнозируемое изменение этой ситуации.

На Фиг.4 показана схема взаимодействия модулей тренажера согласно изобретению для обучения пилота в условиях его информирования о вихревой ситуации. При этом модуль 17 параметров опасной зоны вихревых возмущений, согласно изобретению, выполненный по схеме, представленной на Фиг. 5, осуществляет следующую обработку поступающей текущей информации.

Блок 20 определения опасности возмущений производит оценку опасности возмущений в заданной точке пространства по установленному критерию опасности дополнительных действующих на ЛА аэродинамических сил и моментов, индуцируемых вихревыми возмущениями, генерируемыми ГВ, на основе информации от блока 16 определения сил и моментов модуля 10 имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений. Согласно изобретению, в качестве критерия опасности может быть выбран, например, момент крена или угол крена ЛА.

Блок 21 определения множества опасных точек пространства, в которых дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми возмущениями, являются опасными, определяет координаты точек пространства, принадлежащих опасной зоне, по критерию опасности на основе информации от блока 20 определения опасности возмущений.

Блок 22 определения параметров опасной зоны вихревых возмущений вычисляет геометрические характеристики опасной зоны на основе информации от блока

определения множества опасных точек и передает информацию об этом на модуль предупреждения.

При этом, согласно изобретению, модуль 17 параметров опасной зоны вихревых возмущений может содержать базу данных характеристик опасных зон вихревых следов различных типов генераторов вихрей, что значительно сокращает время на обработку поступающей информации.

Модуль 18 предупреждения (Фиг.4), согласно изобретению, осуществляет формирование информации для пилота, достаточной для адекватной оценки им вихревой обстановки в пространстве вокруг и впереди ЛА.

При этом в модуле 18 предупреждения блок 23 выбора времени упреждения выбирает время, в течение которого, по меньшей мере, возможно выполнение маневра изменения траектории полета летательного аппарата, обеспечивающего уклонение летательного аппарата от вихревого следа генератора вихрей после предупреждения о возможности попадания в него. Согласно изобретению, время упреждения может быть откорректировано в текущем режиме с помощью ручного регулирования, полуавтоматического или автоматического регулирования с учетом, например, квалификации пилота, особенностями полетной задачи сценария тренировки. Регулирование может быть выполнено как самим пилотом, так и инструктором, что обеспечивает возможность усложнения или облегчения режима тренировки.

Затем блок 24 моделирования контрольной плоскости на основе информации от модуля 11 о координатах, скорости перемещения, углах тангажа, рыскания и крена ЛА и от блока 23 о выбранном времени упреждения вычисляет упреждающее расстояние, равное расстоянию, преодолеваемому летательным аппаратом за время упреждения, моделирует КП, расположенную в пространстве перед ЛА перпендикулярно направлению его движения на упреждающем расстоянии от ЛА, например, в виде коэффициентов уравнения плоскости КП в инерциальной системе координат в прогнозируемый момент времени пролета ЛА через КП.

Блок 25 прогнозирования на основе информации от модуля 13 о траектории и интенсивности вихревого следа ГВ как совокупность траекторий центров областей завихренности, генерируемых генератором вихрей, и от блока 23 о времени упреждения, определяет траекторию вихревого следа генератора вихрей и интенсивность вихревого следа относительно инерциальной системы координат в прогнозируемый момент времени пролета ЛА через КП. Блок 26 вычисления точек пересечения на основе информации от блоков 25 и 24 определяет координаты точек

пересечения траектории вихревого следа ГВ с КП в прогнозируемый момент времени пересечения ЛА указанной контрольной плоскости.

Блок 27 формирования зон и областей на основе информации от блока 26 и от модуля 17 формирует вокруг точки пересечения траектории вихревого следа с КП опасную зону вихревого следа, при попадании в которую у ЛА параметры движения могут превысить допустимые пределы, формирует в КП область прогнозируемых с учетом установленных нормативов производства полета положений (далее ОПП) ЛА в прогнозируемый момент пересечения ЛА с КП, формирует вокруг ОПП область повышенного внимания (далее ОПВ), информация о попадании в которую опасной зоны вихревого следа должна быть предоставлена пилоту. Согласно изобретению, блок 27 позволяет осуществлять текущую коррекцию координат ОПП ЛА и ОПВ, что является важным для пилота при координировании маневра уклонения с полетным заданием.

Блок 28 перехода вычисляет координаты ОПП ЛА, опасной зоны вихревого следа ГВ и ОПВ в связанной с ЛА системе координат.

Затем первый блок 29 проверки условия пересечения определяет расстояние от ОПВ до опасной зоны вихревого следа и отслеживает событие равенства его нулю, а второй блок 30 проверки условия пересечения определяет расстояние от ОПП до опасной зоны вихревого следа и отслеживает событие равенства его нулю.

Информация о равенстве нулю в прогнозируемый момент времени указанных расстояний поступает, соответственно, в блок 31 индикации или в блок 32 аварийной индикации, имеющие устройства индикации, установленные в модуле 5 имитации приборной доски и/или в модуле 6 имитации рабочего места пилота, например, в реальной кабине ЛА. Например, начинает работать сначала на рабочем месте пилота устройство аудио-индикации в случае равенства нулю расстояния между областью ОПВ и опасной зоной вихревого следа, а затем – устройство, например, аварийной тактильной индикации в случае равенства нулю расстояния между ОПП ЛА и опасной зоной вихревого следа, установленное на ручках рабочего кресла пилота. Тактильная индикация призвана побудить пилота к принятию срочных мер для выполнения маневра уклонения ЛА от опасной зоны. При этом в распоряжении пилота есть время для маневра, заданное пользователем с учетом скорости перемещения ЛА. В зависимости от складывающейся ситуации, после получения первой индикации время упреждения может быть скорректировано, например, пилотом, например, с помощью ручного регулирования с установлением цифрового параметра величины времени

упреждения, или автоматического регулирования с установлением условия изменения этого времени. С увеличением указанных расстояний индикация прекращается, что свидетельствует о выходе ЛА из опасной для ЛА ситуации и способствует снятию напряжения у пилота.

Согласно изобретению, целесообразно визуализировать для пользователей – пилота и инструктора, информацию о взаимном расположении ОПП ЛА и опасной зоны в КП в прогнозируемый момент времени в модуле 19 визуализации, например, на дисплее или навигационной карте ЛА, и при этом для ограничения объема информации, не являющейся актуальной для пилота, визуализировать положение опасных зон только после пересечения их с ОПВ.

Согласно изобретению, модуль 17 параметров опасной зоны вихревых возмущений, как показано на схеме Фиг.5, может содержать блоки 20, 21 и 22. Блок 20 определения опасности возмущений на основе информации от модуля 10 имитации воздействия на ЛА вихревых возмущений о силах и моментах, индуцируемых на ЛА воздействием вихревых следов ГВ, и информации от модуля 11 имитации динамики ЛА о параметрах, конфигурации, положении, скорости ЛА определяет в соответствии с выбранным в сценарии критерием опасности, например, согласно изобретению, моментом крена ЛА или углом крена ЛА, точки в областях завихренности вихревых следов, в которых силы и моменты, индуцируемые вихревым следом ГВ, будут в прогнозируемый момент времени опасны для ЛА. Блок 21 определяет точки пространства, принадлежащие опасной зоне вихревого следа, а блок 22 определения параметров опасной зоны вихревого следа вычисляет геометрические характеристики опасной зоны как совокупности точек. Согласно изобретению, желательно, чтобы модуль 13 параметров опасной зоны был выполнен с возможностью аппроксимирования границ опасной зоны. Информация о параметрах опасной зоны затем поступает в модуль предупреждения, анализируется описанным выше способом, и может быть затем передана на модуль визуализации для отображения и индикации в случае опасности попадания в нее ЛА. Устройством визуализации может быть, например, дисплей.

На Фиг.6 показан дисплей навигационной карты, который обычно применяется в ЛА для индикации курса ЛА и для изображения символов, генерируемых бортовой инерциальной навигационной системой, например, применяемой в США системой Airborne Inertial Navigation System (AINS), с вариантом изображения области 33 прогнозируемых положений ЛА и опасных зон 34, 35 вихревых следов ГВ в

пространстве в прогнозируемый момент времени. Область 33 ОПП ЛА может иметь вид, например, прямоугольника, размеры которого пропорциональны габаритам области возможного положения корпуса ЛА в пространстве. Границы области повышенного внимания на дисплее не показаны, так как, согласно изобретению, целесообразно, чтобы изображение опасных зон вихревых следов проецировалось на дисплее только в том случае, если опасные зоны пересекаются с областью повышенного внимания, одновременно с индикацией, например, звуковой, этого события. Поэтому можно считать, что на дисплее изображена область 36 повышенного внимания. Изображения опасных зон 34,35 вихревых следов может иметь вид, например, круга или другой удобной для зрительного восприятия геометрической фигуры. При этом изображение может сопровождаться визуальной индикацией, например, световой или цветной, областей 33, 34, 35 или их границ, а, в случае наступления события пересечения границы области 33 ОПП ЛА с границей области, например, опасной зоны 35, – сопровождаться аварийной аудио-индикацией, например, на дисплее или приборной доске, или тактильной индикацией на ручке кресла пилота.

Разумеется, хотя в описанном примере представлен лишь один из генераторов вихрей и визуализируется и индуцируется поведение лишь одной опасной зоны вихревого следа одного ГВ,

согласно изобретению, вычисления по слежению за вихревым следом ГВ могут осуществляться в отношении всех ГВ, находящихся в окрестности ЛА, а отображаться на дисплее будут только зоны вихревых следов ГВ, попадания в которые следует избежать по причине их опасности для ЛА. При этом на основе оценки пилотом схемы расположения потенциально опасных зон на дисплее может быть принято адекватное решение о характере маневра ЛА, который приведет к предотвращению попадания ЛА в опасную зону вихревых следов.

Применение тренажеров согласно изобретению создает максимальные условия для адекватного восприятия пилотом вихревой обстановки, воздействия на ЛА сил и моментов, индуцированных вихревыми возмущениями, и понимания возможных последствий попадания ЛА в опасную зону вихрей. Преимуществом описанных тренажеров является то, что пилоту предоставляется необходимая ему информация о вихревых следах, достаточная для выполнения в дальнейшем эффективного маневра уклонения от опасной зоны вихрей. Путем предварительной обработки информации о вихревом следе, реализованной в настоящем изобретении, удается сократить объем

индуцированной информации, оставляя лишь полезную ее часть. При этом обеспечивается информирование обучаемого пилота о пространственном положении ЛА относительно вихревого следа в прогнозируемый момент времени, об изменении действующих на ЛА сил и моментов, вызванных изменением его конфигурации, а также адаптация операций модулей тренажера к условиям внешней обстановки по сценарию и режимам функционирования систем и оборудования ЛА.

Согласно изобретению, сценарии тренировки могут быть выбраны из группы, включающей взлет и посадку в условиях наземного аэродрома, взлет и посадку в условиях авианосца, полет одиночный, полет в составе группы, заправку в воздухе, выполнение маловысотного полета с отслеживание рельефа местности, что позволяет на одном тренажере отрабатывать различные навыки пилотирования. При этом, согласно изобретению, система оценки действий пилота может содержать устройство сохранения информации о координатах контрольной плоскости, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасных зон вихревых следов генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата, по меньшей мере, в течение времени аварийной индикации события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей, что является весьма полезным для целей аттестации и оценки квалификации пилота, а также для обучения расшифровке информации так называемого «черного ящика».

Специалистам, работающим в области авионики и тренажеростроения должно быть ясно, что в тренажеры согласно изобретению, для обучения пилотированию в условиях вихревой опасности и в условиях информирования пилота о прогнозируемой возможности попадания ЛА в опасную зону вихревого следа ГВ могут быть внесены улучшения и усовершенствования, не выходящие за рамки притязаний и формулы настоящего изобретения, например, связанные с различием в оборудовании и оснащении ЛА различных типов, с различием сценариев тренировок для различных типов ЛА, применением различных способов и устройств индикации и визуализации предоставляемой пилоту информации, изменение информационных потоков в связи с изменением технического оснащения тренажера.

#### **Промышленная применимость**

Тренажер согласно изобретению может быть реализован в программном обеспечении как отдельных модулей, так и системы модулей в единую систему обучения, например, с помощью вычислительных устройств и персональных

компьютеров. При этом очевидно, что в одном тренажере могут быть установлены несколько мест для обучения с возможностью варьирования сценариев тренировки.

**Формула изобретения**

1. Тренажер авиационный для обучения пилотированию в условиях вихревой опасности, содержащий:

- модуль (1) контроля и управления режимами тренажа, способный производить выбор сценария тренировки и контролировать работу модулей тренажера,
- модуль (2) базы данных сценариев тренировок,
- модуль (3) коммутирования модулей тренажера,
- модуль (4) имитации закабинной визуальной обстановки, видимой части воздушного пространства и земной поверхности в реальном масштабе времени,
- модуль (6) имитации рабочего места пилота,
- модуль (5) имитации приборной доски пилотажно-навигационных приборов с индикаторами режима работы авиадвигателей,
- модуль (8) имитации органов управления агрегатами и системами летательного аппарата,
- модуль (7) имитации параметров окружающей среды,
- модуль (9) имитации вихревой обстановки, способный на основе информации от модуля (2) сценариев тренировок о параметрах генераторов вихрей и информации от модуля (7) имитации параметров окружающей среды определять траекторию и интенсивность вихревых следов генераторов вихрей как совокупности центров областей завихренности,
- модуль (10) имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений, способный на основе информации от модуля (9) имитации вихревой обстановки о траектории и интенсивности вихревых следов, информации от модуля (2) базы данных сценариев тренировок о параметрах и характеристиках пилотируемого аппарата и информации от модуля (11) имитации динамики летательного аппарата о положении, скорости перемещения, угловой скорости и геометрических характеристиках летательного аппарата определять действующие на летательный аппарат дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми следами генераторов вихрей,
- модуль (11) имитации динамики летательного аппарата, способный на основе информации от модуля (10) имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений, от модуля (2) базы данных сценариев тренировок и от модуля (8) имитации органов управления агрегатами и системами летательного аппарата формировать сигналы, имитирующие силы и моменты, действующие на летательный

аппарат согласно сценарию тренировки, а также дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми следами генераторов вихрей, передавать сигналы на модуль (6) имитации рабочего места пилота, на модуль (5) имитации приборной доски и на модуль (4) имитации закабинной обстановки,

- систему оценки действий пилота, способную на основе информации от модуля (4) имитации закабинной визуальной обстановки и модуля (5) имитации приборной доски оценить правильность действий пилота по устранению опасной для летательного аппарата ситуации.

2. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что модуль (6) имитации рабочего места пилота выполнен с возможностью изменения его пространственного положения и снабжен устройством динамической имитации полета.

3. Тренажер по любому из п.п.1-2, отличающийся тем, что модуль (9) имитации вихревой обстановки содержит:

- блок (13) имитации динамики генераторов вихрей, который содержит устройство слежения за генератором вихрей, способное принимать от модуля (2) базы данных сценариев тренировок информацию о положении, о параметрах движения, геометрических и массовых характеристиках генератора вихрей, и запоминающее устройство, способное сохранять информацию о положении и параметрах движения генератора вихрей;

- блок (14) имитации вихревых следов, который содержит устройство слежения за вихревым следом, способное на основе информации от модуля (7) имитации параметров окружающей среды и от блока (13) имитации динамики генераторов вихревых следов определять траекторию и интенсивность вихревого следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности, и запоминающее устройство, способное сохранять информацию о координатах точек траектории и интенсивности следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности;

а модуль (10) имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений содержит:

- блок (15) схематизации летательного аппарата, способный на основе информации от модуля (2) базы данных сценариев тренировок о типе, конфигурации летательного аппарата вычислять совокупность геометрических характеристик летательного аппарата, необходимых для расчета действующих на него

дополнительных аэродинамических сил и моментов, индуцированных вихревым следом генератора вихрей, и

- блок (16) определения указанных сил и моментов на основе сохраненной блоком (14) имитации вихревых следов информации о координатах точек траектории и интенсивности следа генератора вихрей как совокупности траекторий центров областей завихренности, и информации от модуля (11) имитации динамики летательного аппарата о положении, скорости перемещения, угловой скорости и геометрических характеристиках летательного аппарата.

4. Тренажер по любому из п.п.1-3, отличающийся тем, что дополнительно содержит модуль имитации шумовых, оптических и динамических эффектов.

5. Тренажер по любому из п.п. 1–4, отличающийся тем, что приспособлен для обучения пилотированию в условиях информирования пилота о прогнозируемой возможности попадания летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей и дополнительно содержит:

- модуль (17) параметров опасной зоны вихревых возмущений, включающий:

- блок (20) определения опасности возмущений, способный производить оценку опасности возмущений в заданной точке пространства по установленному критерию опасности дополнительных действующих на летательный аппарат аэродинамических сил и моментов, индуцируемых вихревыми возмущениями, генерируемыми генератором вихрей, на основе информации от блока (16) определения сил и моментов модуля (10) имитации воздействия на летательный аппарат вихревых возмущений;

- блок (21) определения множества точек пространства, в которых дополнительные силы и моменты, индуцированные вихревыми возмущениями, являются опасными, способный определять координаты точек пространства, принадлежащих опасной зоне, по критерию опасности на основе информации от блока (20) определения опасности возмущений;

- блок (22) определения параметров опасной зоны вихревых возмущений, способный вычислять геометрические характеристики опасной зоны на основе информации от блока (21) определения множества опасных точек и передавать информацию об этом;

и модуль (18) предупреждения, включающий:

- блок ((23) выбора времени упреждения, в течение которого, по меньшей мере,

возможно выполнение маневра изменения траектории полета летательного аппарата, обеспечивающего уклонение летательного аппарата от вихревого следа генератора вихрей после предупреждения о возможности попадания в него;

- блок (24) моделирования контрольной плоскости, способный вычислять упреждающее расстояние, равное расстоянию, преодолеваемому летательным аппаратом за время упреждения, формировать контрольную плоскость, расположенную в пространстве перед летательным аппаратом перпендикулярно направлению его движения на упреждающем расстоянии от летательного аппарата, и определять прогнозируемый момент времени пролета летательного аппарата через контрольную плоскость в инерциальной системе координат,
- блок (25) прогнозирования, способный определять траекторию вихревого следа генератора вихрей как совокупность траекторий центров областей завихренности, генерируемых генератором вихрей, и интенсивность вихревого следа относительно инерциальной системы координат в прогнозируемый момент времени на основе информации от блока имитации вихревых следов модуля имитации вихревой обстановки;
- блок (26) вычисления точек пересечения, способный определять координаты точек пересечения траектории вихревого следа генератора вихрей с контрольной плоскостью в прогнозируемый момент времени пересечения летательным аппаратом указанной контрольной плоскости;
- блок (27) формирования зон и областей, обеспечивающий: формирование вокруг точки пересечения траектории вихревого следа с контрольной плоскостью опасной зоны вихревого следа, при попадании в которую у летательного аппарата параметры движения могут превысить допустимые пределы, на основе информации от модуля параметров опасной зоны вихревых возмущений, формирование в указанной контрольной плоскости области прогнозируемых с учетом установленных нормативов производства полета положений летательного аппарата в прогнозируемый момент пересечения летательным аппаратом контрольной плоскости; формирование вокруг области прогнозируемых положений области повышенного внимания, информация о попадании в которую опасной зоны вихревого следа должна быть предоставлена пользователю;
- блок (28) перехода, способный вычислять координаты области

прогнозируемых положений летательного аппарата, области повышенного внимания и опасной зоны вихревого следа в системе координат, связанной с летательным аппаратом;

- первый блок (29) проверки условия пересечения, способный определять расстояние от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа и фиксировать момент его равенства нулю;
- второй блок (30) проверки условия пересечения, способный определять расстояние от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа и фиксировать момент его равенства нулю;
- блок (31) индикации, содержащий, по меньшей мере, одно устройство индикации, обеспечивающее индикацию события равенства нулю расстояния от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей;
- блок (32) аварийной индикации, содержащий, по меньшей мере, одно устройство индикации, обеспечивающее индикацию события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

6. Тренажер по п.5, отличающийся тем, что содержит модуль визуализации, включающий устройство визуализации, способное на основе информации от модуля предупреждения формировать изображение, по меньшей мере, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасной зоны вихревых следов.

7. Тренажер по любому из п.п.5–6, отличающийся тем, что устройство индикации и устройство аварийной индикации выбраны из группы устройств аудио-, визуальной и тактильной индикации.

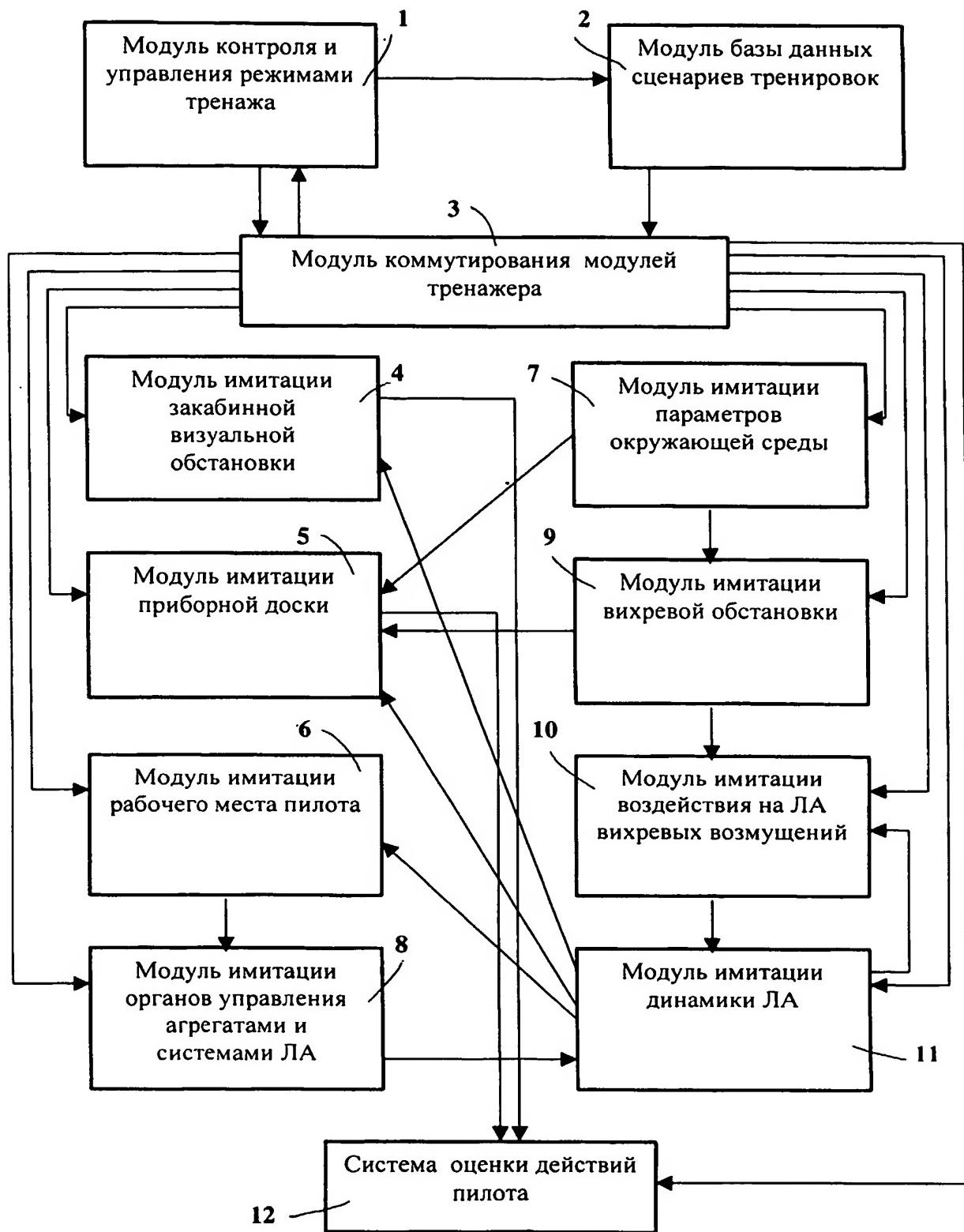
8. Тренажер по любому из п.п.5–7, отличающийся тем, что блок (23) выбора времени упреждения выполнен с возможностью текущей коррекции времени упреждения в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме.

9. Тренажер по любому из п.п.5–8, отличающийся тем, что блок (27) формирования зон и областей выполнен с возможностью текущей коррекции координат области повышенного внимания и области прогнозируемых положений летательного аппарата в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме.

10. Тренажер по любому из п.п. 5–9, отличающийся тем, что блок (22) определения параметров опасной зоны выполнен с возможностью аппроксимации границ опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

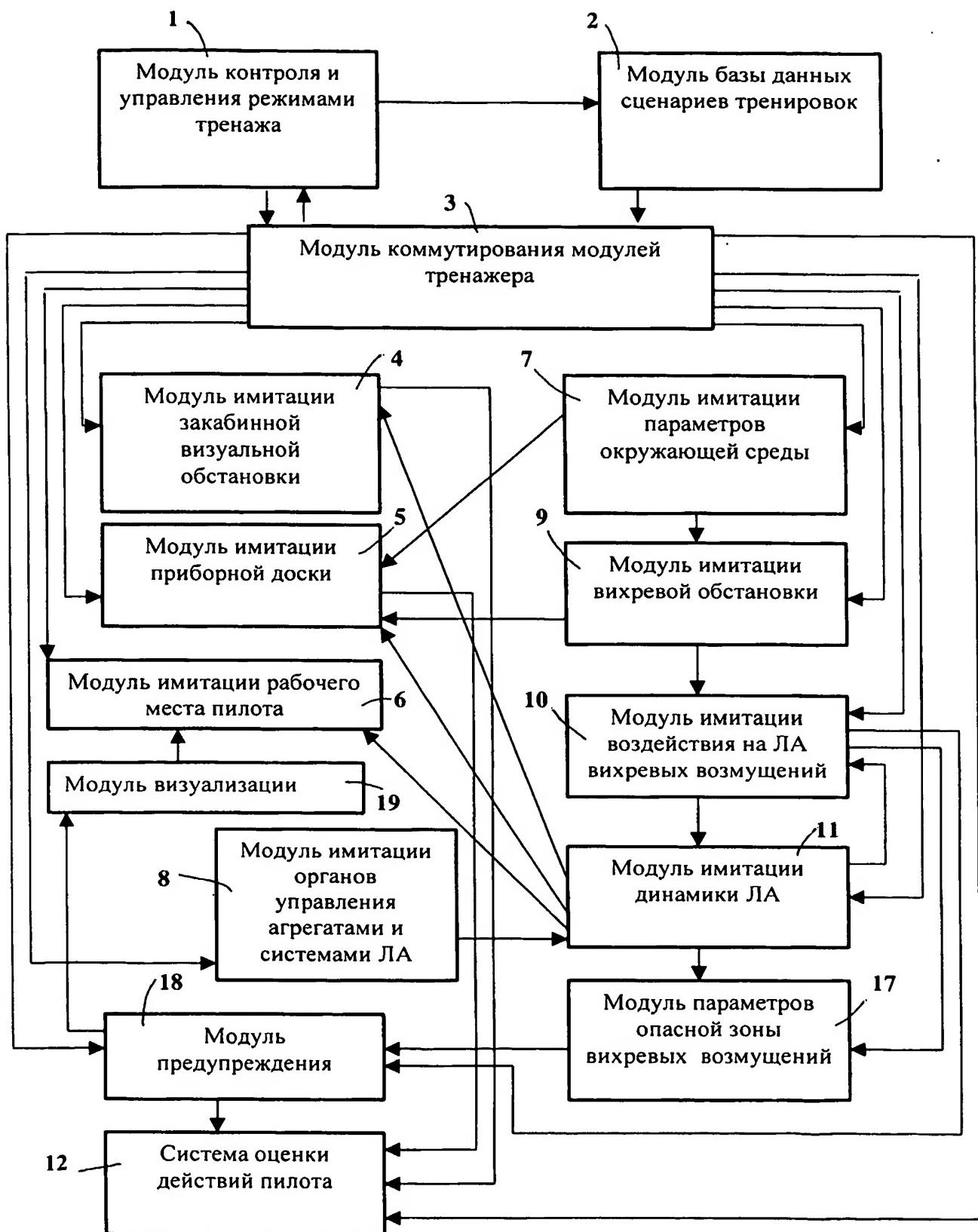
11. Тренажер по любому из п.п. 5–10, отличающийся тем, что в качестве критерия опасности вихревого следа выбран допустимый момент крена пилотируемого летательного аппарата.
12. Тренажер по любому из п.п.5–10, отличающийся тем, что в качестве критерия опасности вихревого следа выбран допустимый угол крена пилотируемого летательного аппарата.
13. Тренажер по любому из п.п.1–12, отличающийся тем, что сценарии тренировки выбраны из группы, включающей взлет и посадку в условиях наземного аэродрома, взлет и посадку в условиях авианосца, полет одиночный, полет группы, а также заправку в воздухе.
14. Тренажер по любому из п.п.1–13, отличающийся тем, что реализован в программном обеспечении работы модулей тренажера.
15. Тренажер по любому из п.п. 1–14, отличающийся тем, что модуль (7) параметров опасной зоны вихревых возмущений содержит базу данных характеристик опасных зон вихревых следов различных типов генераторов вихрей.
16. Тренажер по любому из п.п. 1–15, отличающийся тем, что система (12) оценки действий пилота содержит устройство сохранения информации о координатах контрольной плоскости, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасных зон вихревых следов генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата, по меньшей мере, в течение времени аварийной индикации события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

1 / 5



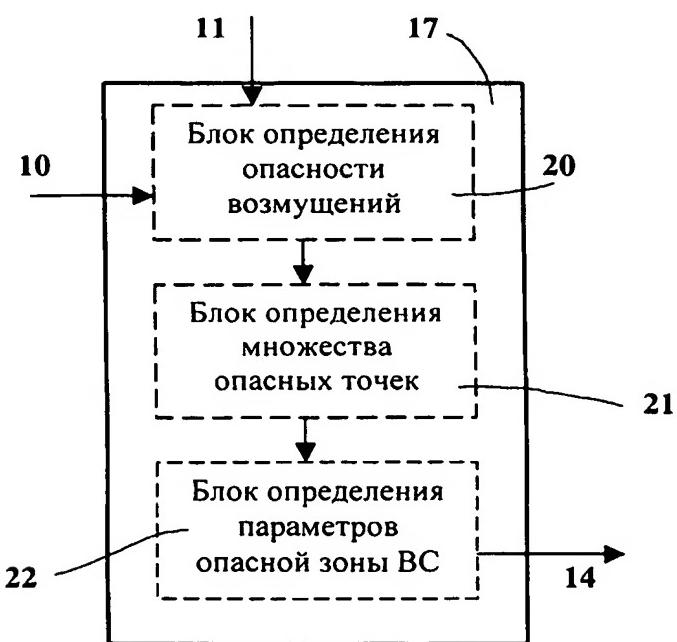
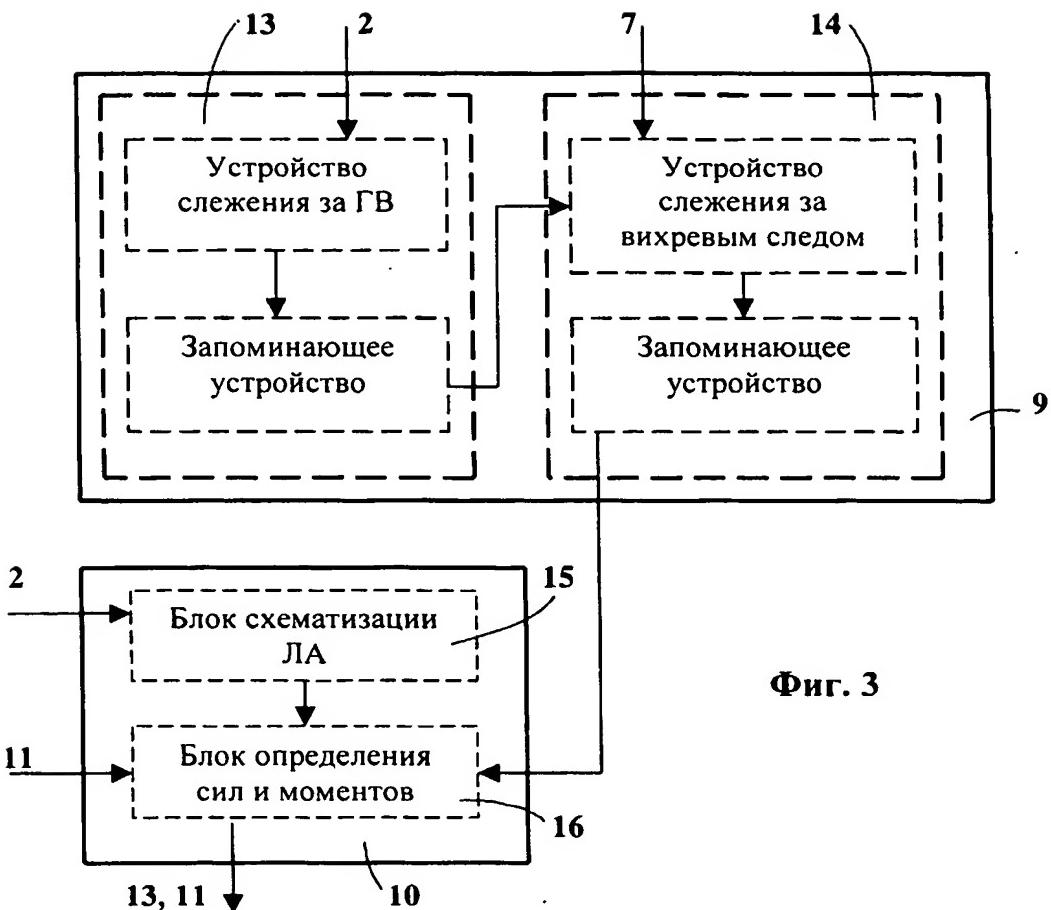
Фиг.1

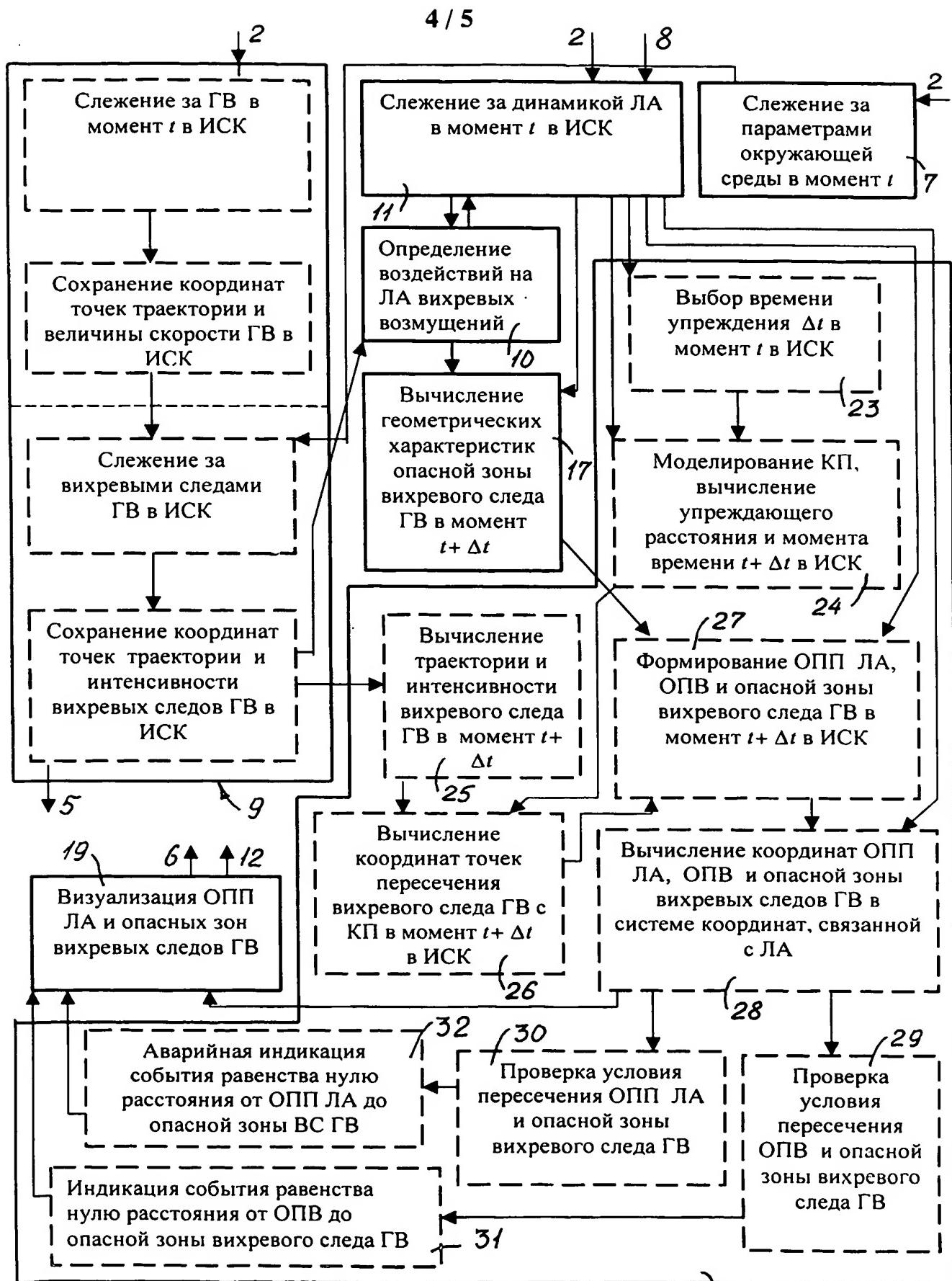
2 / 5



Фиг. 2

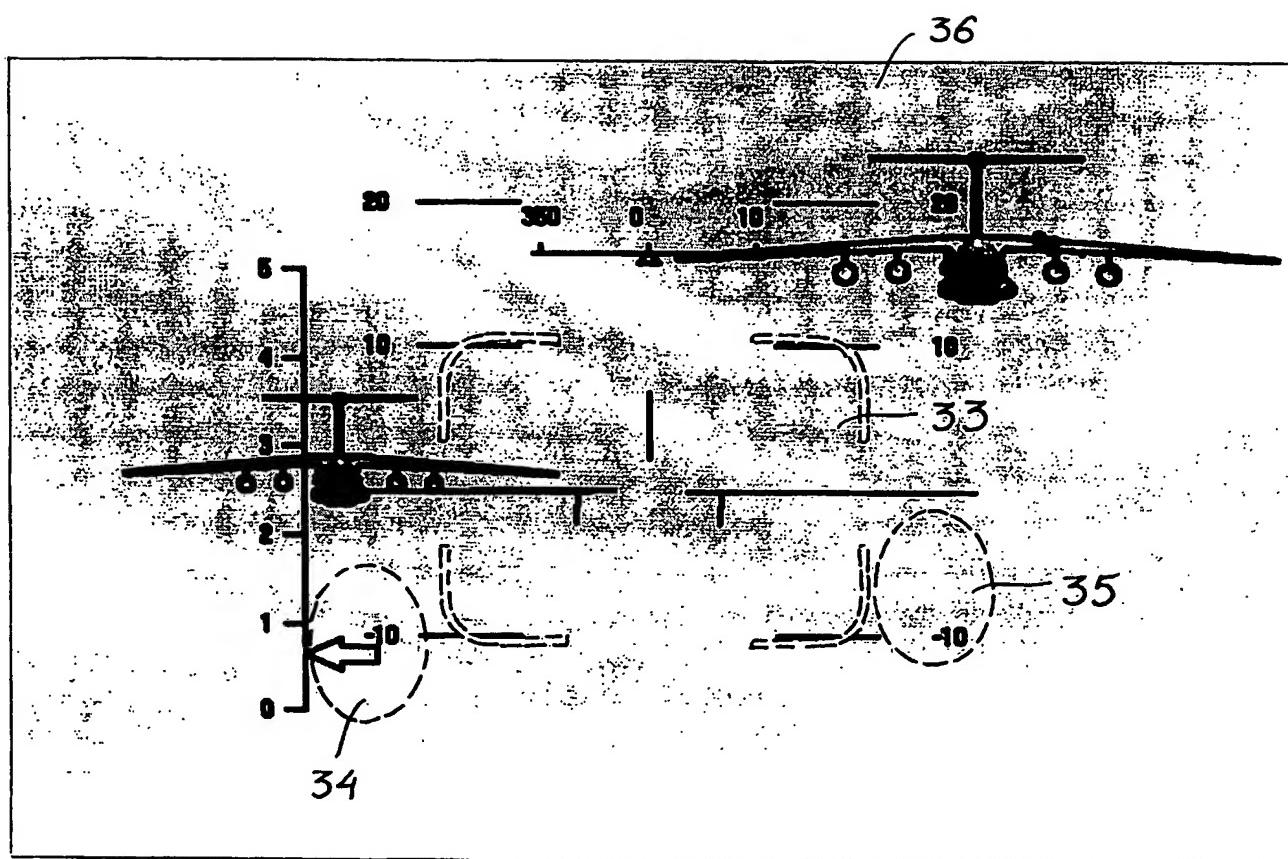
3 / 5

**Фиг. 5**



Фиг. 4

5 / 5



Фиг. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2003/000333

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09B 9/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G09B 5/00-5/14, 9/00, 9/02, 9/08-9/44, G01S 13/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2087037 C1 (KODOLA VALERY GRIGORIEVICH et al.), 10.08.1997, pages 3-4, figures 1, 3	1-16
A	US 5724040 A (NORTHROP GRUMMAN CORPORATION) 03.03.1998, column 9, lines 52-60, figure 3	1-16
A	US 5009598 A (THOMAS E. BENNINGTON) 23.04.1991, the abstract	1-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 2004 (14.04.2004)

Date of mailing of the international search report

22 April 2004 (22.04.2004)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 2003/000333

<b>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:</b>		
Согласно международной патентной классификации (МПК-7) G09B 9/08		
<b>В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:</b>		
Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7: G09B 5/00-5/14, 9/00, 9/02, 9/08-9/44, G01S 13/95		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):		
<b>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</b>		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2087037 C1 (КОДОЛА ВАЛЕРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ и др.) 10.08.1997, стр. 3-4, фиг. 1, 3	1-16
A	US 5724040 A (NORTHROP GRUMMAN CORPORATION) 03.03.1998, колонка 9, строки 52-60, фиг. 3	1-16
A	US 5009598 A (THOMAS E. BENNINGTON) 23.04.1991, реферат	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C.		<input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Особые категории ссылочных документов:</li> <li>А документ, определяющий общий уровень техники</li> <li>Е более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее</li> <li>О документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.</li> <li>Р документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д.</li> </ul>		<input type="checkbox"/> более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения <input type="checkbox"/> документ, имеющий наибольшее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень <input type="checkbox"/> документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории <input type="checkbox"/> & документ, являющийся патентом-аналогом
Дата действительного завершения международного поиска: 14 апреля 2004 (14.04.2004)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 22 апреля 2004 (22.04.2004)	
Наименование и адрес Международного поискового органа Федеральный институт промышленной собственности РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30.1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА	<b>Уполномоченное лицо:</b> Ю. Дмитриева Телефон № 240-25-91	